

Jurnal Perikanan dan Kelautan
Volume 8 Nomor 1. Juni 2018
Halaman : 31 – 39

p – ISSN 2089 – 3469
e – ISSN 2540 – 9484

Pemetaan Sebaran dan Kerapatan Mangrove di Pesisir Timur Pulau Biak, Papua Menggunakan Citra Satelit Landsat 8

(Mapping of Mangrove Distribution and Density in Eastern Coastal of Biak Island, Papua Using Landsat 8 Satellite Imaginary)

Vivia E. Tablaseray¹⁾, M. Rizky Ardhy Pairin¹⁾, Nadia Fakdawer¹⁾,
Baigo Hamuna^{1*)}

¹⁾ Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan, FMIPA-Universitas Cenderawasih
Jl. Kamp Wolker Kampus Baru Uncen, Yabansai, Kota Jayapura 99351

^{*)} Korespondensi: bhamuna@yahoo.com.sg

Diterima : 4 Mei 2018 / Disetujui : 7 Juli 2018

ABSTRAK

Sebagai salah satu sumberdaya pesisir, hutan mangrove memiliki fungsi sosial ekonomi, fungsi ekologis, dan fungsi fisik. Sebaran dan kerapatan mangrove dapat diidentifikasi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Citra satelit Landsat merupakan citra yang paling banyak digunakan untuk memetakan mangrove. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sebaran dan kerapatan mangrove di wilayah pesisir timur Pulau Biak, Papua menggunakan citra satelit Landsat 8 OLI tanggal akuisisi 30 Juni 2015. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Agustus 2017 yang meliputi pengambilan data lapangan dan pengolahan citra satelit. Tahapan awal pengolahan citra satelit dilakukan koreksi radiometric. Identifikasi mangrove dilakukan dengan menggunakan komposit band RGB 564, kemudian dilakukan pemisahan obyek mangrove, non-mangrove dan badan air dengan menggunakan metode klasifikasi *supervised*. Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis kerapatan mangrove dengan menggunakan formula *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa luasan mangrove di wilayah pesisir timur Pulau Biak sebesar 144,81 Ha, dimana kerapatan jarang 89,64 Ha, kerapatan sedang 26,19 Ha dan kerapatan padat 28,98 Ha. Rendahnya luasan mangrove umumnya diakibatkan oleh faktor antropogenik seperti penebangan, perubahan alih fungsi mangrove dan akibat tsunami yang terjadi pada tahun 1996.

Kata Kunci : kerapatan, landsat 8, mangrove, Pulau Biak, sebaran

ABSTRACT

As the one of coastal resource, mangrove has socio-economic, and physical functions. Mangrove distribution and density can be identified by using remote sensing technology. Satellite images of Landsat are the most widely used for mangrove mapping. This research was conducted to determine of the mangrove distribution and density in eastern coastal of Biak Island, Papua using Landsat 8 OLI satellite imaginary, acquisition date at June 30, 2015. This research was conducted from June to August 2017, covering field data acquisition and satellite image processing. The step of mangrove identification was done by using a composite 564 RGB band, then the separation of mangrove, non-mangrove and waters objects using supervised classification method. The next step is to analyze the density of mangroves by using the formula of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The result of research showed that mangrove area in eastern

coastal of Biak Island was about 144.81 hectares, where the rare density 89.64 hectares, medium density 26.19 hectares and dense density 28.98 hectares. The low area of mangrove were generally caused by anthropogenic factors such as logging, changes over the function of mangroves and effect of tsunami 1996.

Keywords : *Biak Island, density, distribution, landsat 8, mangrove*

PENDAHULUAN

Kawasan mangrove umumnya terdapat di seluruh pantai Indonesia dan hidup serta tumbuh berkembang pada lokasi-lokasi yang mempunyai hubungan pengaruh pasang surut yang menggenangi pada aliran sungai yang terdapat di sepanjang pesisir pantai (Tarigan 2008). Mangrove merupakan ekosistem utama pendukung aktivitas kehidupan di wilayah pantai dan memegang peranan penting dalam menjaga keseimbangan siklus biologis di lingkungannya. Sebagai salah satu sumberdaya pesisir, hutan mangrove memiliki fungsi sosial ekonomi, fungsi ekologis, dan fungsi fisik (Bengen 2000, Valiela *et al.* 2001, Dahdouh-Guebas *et al.* 2005). Di sisi lain, besarnya fungsi dan manfaat hutan mangrove tersebut memberikan konsekuensi bagi ekosistem mangrove itu sendiri, dimana semakin tinggi pembangunan ekonomi dan pertambahan penduduk akan mengakibatkan pemanfaatan sumberdaya alam secara berlebihan (Supardjo 2008). Menurut data dari FAO (2007), luas hutan mangrove di Indonesia dari tahun 1980 hingga 2005 terus mengalami penurunan, yaitu dari 4.200.000 Ha menjadi 2.900.000 Ha.

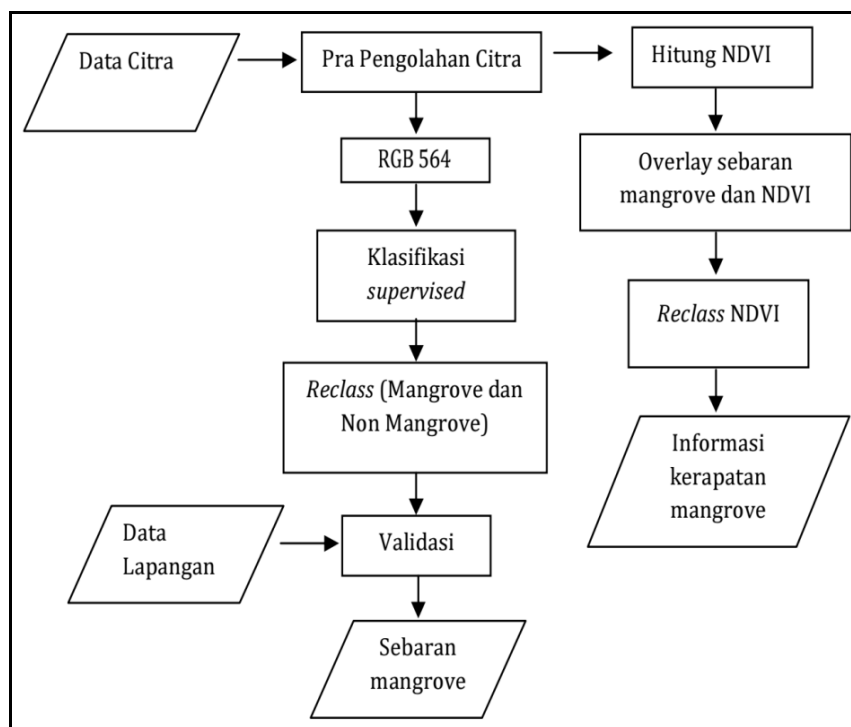
Satelit penginderaan jauh dapat memberikan informasi yang diperlukan untuk keperluan klasifikasi dan pemetaan sumberdaya alam. Sebaran dan kerapatan mangrove dapat diidentifikasi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh, dimana letak geografis mangrove yang berada pada daerah peralihan darat dan laut memberikan efek perekaman yang khas jika dibandingkan obyek vegetasi darat lainnya (Faizal dan Amran 2005). Selain itu, nilai spektral pada citra satelit dapat diekstraksi menjadi informasi obyek jenis mangrove pada kisaran spektrum tampak dan inframerah dekat (Suwargana 2010). Citra satelit Landsat merupakan citra yang paling banyak digunakan untuk memetakan mangrove (Kuenzer *et al.* 2011). Meskipun citra Landsat dikategorikan sebagai citra satelit beresolusi sedang (Roy *et al.* 2014) namun banyak hasil penelitian yang menunjukkan tingkat keakurasian pemetaan mangrove menggunakan citra satelit Landsat cukup tinggi (Kirui *et al.* 2013, Jhonnerie *et al.* 2014, Hamuna *et al.* 2018).

Saat ini, kondisi mangrove di wilayah pesisir timur Pulau Biak sangat memprihatinkan. Wilayah pesisir timur Pulau Biak setelah kejadian tsunami pada tahun 1996 mengalami kerusakan, sebagian besar vegetasi pelindung wilayah pesisir mati akibat hantaman gelombang, termasuk vegetasi mangrove di wilayah pesisir Distrik Oridek dan Distrik Biak Timur. Selain faktor alam, masalah yang terjadi dalam pemanfaatan sumberdaya pesisir dan laut di wilayah pesisir Distrik Oridek dan Distrik Biak Timur berkaitan erat dengan perilaku masyarakat pengguna sumberdaya tersebut. Penebangan pohon mangrove terjadi hampir di seluruh wilayah pesisir Pulau Biak dan sekitarnya untuk kebutuhan masyarakat dan sebagai sumber bahan bangunan untuk tempat pemukiman masyarakat (Katiandagho 2015, Warpur 2016). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk menentukan sebaran dan kerapatan mangrove di wilayah

pesisir timur Pulau Biak yang mencakup Distrik Oridek dan Distrik Biak Timur, Provinsi Papua menggunakan citra satelit Landsat 8.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah pesisir timur Pulau Biak, yang mencakup wilayah Distrik Biak Timur dan Distrik Oridek, Provinsi Papua. Data satelit yang digunakan adalah citra satelit Landsat 8 OLI pada Path 104/Row 061 akuisisi tanggal 30 Juni 2015. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Agustus 2017 yang meliputi pengambilan data lapangan dan pengolahan citra satelit. Perangkat lunak yang digunakan sebagai sarana pengolahan, perhitungan dan interpretasi data diantaranya ErMapper 7.0, ArcMap 10.5 dan Microsoft Excell. Secara garis besar diagram alir tahapan penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

Pra Pengolahan Citra

Pengolahan citra diawali dari prapengolahan yang terdiri dari koreksi radiometrik/atmosferik. Koreksi ini dapat dilakukan pada citra satelit yang mengalami gangguan radiometrik. Koreksi ini bertujuan untuk memperoleh informasi kuantitatif dari citra satelit multispektral. Metode koreksi radiometrik pada penelitian ini adalah metode *linier contrast stretching* dengan menggunakan *software* ErMapper 7.0. Metode *linier contrast stretching* dilakukan dengan meregangkan nilai *digital number* pada band citra satelit sehingga detail pada citra yang sudah diregangkan mulai terlihat dan sesuai nilai *digital number* sebenarnya.

Komposit Citra

Proses komposit band dilakukan untuk proses klasifikasi, dimana pemilihan band yang akan digunakan harus disesuaikan dengan tujuan klasifikasi. Proses komposit band dilakukan menggunakan *software* ErMapper 7.0. Untuk proses identifikasi vegetasi mangrove berdasarkan interpretasi citra satelit Landsat 8 digunakan komposit RGB (*red green blue*) 564 (Pratama dan Isdianto 2017).

Klasifikasi *Supervised*

Pada tahap awal dilakukan training area untuk mengelompokkan pixel-pixel yang berwarna sama. Training area ini akan mewakili nilai spektral yang menjadi acuan bagi piksel lainnya, dimana yang memiliki nilai spektral yang mirip dengan nilai spektral training area akan diklasifikasikan menjadi kelas penutupan lahan miliknya. Setiap hasil training area akan diberikan nama (identitas) berdasarkan kenampakannya. Pixel-pixel atau warna yang tidak sesuai akan dimasukkan ke dalam kelas yang mempunyai kesamaan yang paling banyak, proses klasifikasi ini dinamakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan metode *Maximum Likelihood Classification*. Metode *Maximum Likelihood Classification* pada dasarnya menetapkan piksel dalam suatu kelas berdasarkan jarak yang dibobotkan pada matriks kovarian dan peluang suatu piksel masuk dalam kelas tersebut (Putra 2011). Proses klarifikasi terbimbing citra satelit Landsat 8 pada penelitian ini dilakukan menggunakan *software* ErMapper 7.0.

Uji Ketelitian/Akurasi

Validasi hasil dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil klasifikasi citra dengan kondisi di lapangan. Data lapangan mencakup data hasil pengambilan posisi mangrove dan non-mangrove menggunakan GPS yang akan digunakan untuk proses validasi dan mengetahui tingkat akurasi hasil klasifikasi. Tingkat akurasi dari hasil klasifikasi menggunakan metode uji ketelitian klasifikasi *confusion matrix*. *Confusion matrix* merupakan suatu matriks yang mengindikasikan tingkat akurasi citra terklasifikasi yang telah dihasilkan dengan membandingkannya dengan data referensi (Putra 2011). Data referensi pada penelitian ini berasal dari titik-titik *ground truth* yang diperoleh di lapangan menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

***Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)**

Nilai indeks vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil dari pengolahan citra menggunakan transformasi NDVI menggunakan *software* ErMapper 7.0. Nilai indeks vegetasi ini dihitung sebagai rasio antara pantulan yang terukur dari band merah (R) dan band infra-merah (didekati oleh band NIR). Penggunaan kedua band ini banyak dipilih sebagai parameter indeks vegetasi karena hasil ukuran dari band ini dipengaruhi oleh penyerapan klorofil, peka terhadap biomassa vegetasi, serta memudahkan dalam pembedaan antara lahan bervegetasi, lahan terbuka, dan air. Nilai kerapatan vegetasi mangrove dapat dihitung dengan menggunakan metode rasio antara band Inframerah dekat dan band merah (Green *et al.* 2000) dengan formula berikut:

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$

Dimana,

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

ρ_2 = Band Inframerah Dekat (Band 5)

ρ_1 = Band Merah (Band 4)

Nilai kerapatan mangrove ditentukan dengan menggunakan hasil dari perhitungan NDVI, maka nilai kelas NDVI tersebut diklasifikasi ulang (*reclass*) menjadi tiga kelas, yaitu kerapatan jarang, sedang dan padat

HASIL DAN PEMBAHASAN

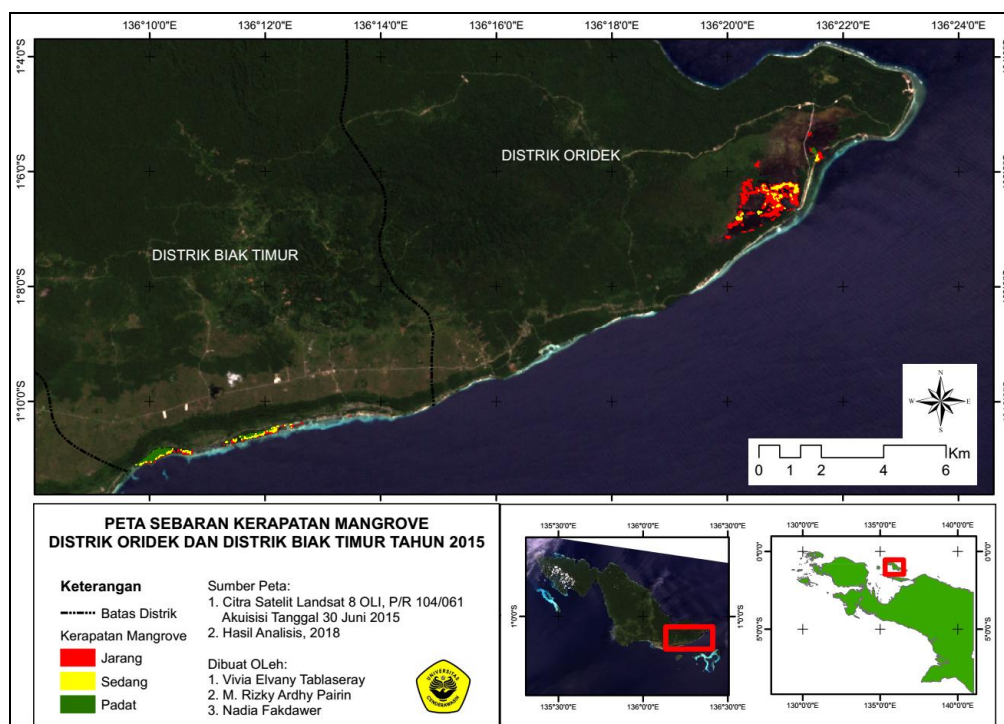
Jenis Mangrove

Hasil pengamatan langsung jenis mangrove di lapangan, hanya ditemukan 6 jenis mangrove yang tersebar di Distrik Biak Timur dan Distrik Oridek, antara lain *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Sonneratia alba*, *Avicennia alba*, *Ceriops tagal* dan *Lumnitzera littorea*. Pada umumnya jenis mangrove yang ditemukan merupakan komposisi penyusun utama ekosistem mangrove. Selain jenis mangrove yang ditemukan pada saat pengamatan, terdapat pula beberapa jenis mangrove yang terdapat di pesisir timur Pulau Biak dan sekitarnya, seperti *R. stylosa*, *B. cylindrical*, *Aegiceras corniculatum*, *Nypa fruticans* dan *Xylocarpus granatum* (Katiandagho 2015) dan jenis *X. mollucensis*, *X. granatum*, *B. sexangula*, dan *R. lamarchii* (Prasetyo *et al.* 2016).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian, kondisi komunitas mangrove di wilayah pesisir Biak Timur didominasi oleh jenis mangrove *B. gymnorrhiza* dan *S. alba* (Wouthuyzen *et al.* 1995). Komunitas mangrove saat ini masih didominasi oleh jenis *B. gymnorrhiza* dan *S. alba* pada kategori anakan dan pohon karena kondisi substrat yang sangat sesuai yaitu substrat lumpur berpasir, sedangkan pada kategori kerapatan didominasi oleh *R. apiculata* dan *S. alba* (Katiandagho 2015). Begitupun dengan hasil penelitian (Prasetyo *et al.* 2016) dimana *S. alba* lebih banyak ditemukan. Adapun menurut data Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Model Biak Numfor (2014), mangrove yang berkembang ke arah laut di kawasan Pulau Biak didominasi oleh *A. marina* dan *S. alba*, sedangkan pada daerah hulu didominasi oleh *R. apiculata* dan *B. gymnorrhiza*.

Sebaran dan Tingkat Kerapatan Mangrove

Berdasarkan hasil klasifikasi, sebaran dan tingkat kerapatan mangrove di setiap wilayah tumbuhnya mangrove berbeda-beda, tergantung pada banyaknya jumlah mangrove di daerah tersebut dan seberapa luas daerah tersebut. Berdasarkan hasil pengolahan citra satelit, mangrove yang terdapat di wilayah pesisir timur Pulau Biak seluas 144, 81 Ha (Gambar 2), dimana mangrove kerapatan jarang seluas 89,64 Ha, kerapatan sedang seluas 26,19 Ha dan kerapatan padat 28,98 Ha. Perbandingan luas mangrove antara Distrik Biak Timur dan Distrik Oridek tidak berbeda jauh. Luas mangrove di Distrik Biak Timur seluas 69,73 Ha yang didominasi oleh mangrove kerapatan sedang hingga padat, sedangkan mangrove di Distrik Oridek seluas 75,08 Ha yang didominasi oleh mangrove kerapatan jarang.



Gambar 2. Peta sebaran dan kerapatan mangrove di Distrik Biak Timur dan Distrik Oridek, pesisir timur Pulau Biak, Papua.

Tingkat kerapatan vegetasi mangrove dapat digunakan untuk menentukan tingkat kerusakan hutan mangrove. Kriteria baku kerusakan mangrove adalah ukuran batas perubahan fisik dan/atau hayati mangrove yang dapat menentukan kondisi atau status kondisi mangrove (Indriyanto 2006). Kondisi mangrove menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 tentang kriteria baku kerusakan mangrove, dimana kondisi mangrove di wilayah pesisir timur Pulau Biak dengan kerapatan mangrove <1000 pohon/ha (mangrove kerapatan jarang) ditemukan lebih luas dibandingkan mangrove dengan kerapatan antara $\geq 1000 - <1500$ (mangrove kerapatan sedang) dan kerapatan ≥ 1500 (mangrove kerapatan padat) pohon/ha. Dapat disimpulkan bahwa kondisi mangrove di wilayah pesisir timur Pulau Biak (Distrik Biak Timur dan Distrik Oridek) berada dalam kondisi rusak sekitar 61,90% dan kondisi baik sekitar 38,10%. Kondisi mangrove yang rusak yang ditandai dengan kerapatan mangrove yang jarang dominan berada di Distrik Oridek.

Salah satu faktor penyebab tingginya tingkat kerusakan mangrove di pesisir timur Pulau Biak adalah terjadinya tsunami pada tahun 1996. Gempa bumi dengan magnitude Mw 8.2 yang terjadi di 60 km timur laut Pulau Biak mengakibatkan tsunami dengan tinggi kenaikan air (*run up*) mencapai 7,7 meter (Løvholt *et al.* 2012, Yudhicara 2012). Tsunami dengan ketinggian *run up* 7,7 meter tersebut telah merusak berbagai infrastruktur dan ekosistem pesisir (termasuk ekosistem mangrove) yang ada di Pulau Biak (Prawiradisastira & Santoso 1997). Adapun dampak langsung tsunami terhadap ekosistem mangrove sangat besar dan pada luasan spasial yang besar bila dibandingkan dampaknya terhadap ekosistem lainnya seperti terumbu karang dan lamun yang hanya pada luasan spasial yang kecil (Römer 2011).

Selain akibat dampak tsunami 1996, faktor manusia juga sangat berperan dalam perubahan tutupan lahan mangrove. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan bahwa telah terjadi penebangan pohon mangrove oleh masyarakat setempat. Penebangan pohon mangrove terjadi hampir di seluruh wilayah pesisir Biak Timur untuk kebutuhan masyarakat dan pembangunan tempat pemukiman masyarakat (Katiandagho 2015). Dampak penebangan pohon mangrove tidak hanya berakibat terhadap hilangnya tutupan mangrove tapi yang lebih penting lagi adalah berubahnya struktur komunitas mangrove (Ferreira *et al.* 2009). Beberapa kajian menyatakan bahwa gangguan secara antropogenik maupun alami dapat mempengaruhi terhadap kerapatan tegakan, basal area dan kompleksitas jika dibandingkan dengan mangrove yang tidak mengalami gangguan (Urrego *et al.* 2014). Selain itu, penebangan mangrove dapat juga menyebabkan okupasi kawasan terganggu oleh jenis vegetasi lainnya (Radhika 2006).

KESIMPULAN

Sebaran mangrove di wilayah pesisir timur Pulau Biak yaitu Distrik Biak Timur seluas 69,73 Ha dengan kerapatan sedang hingga padat. Sebaran mangrove di Distrik Oridek seluas 75,08 Ha dengan kerapatan jarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bengen DG. 2000. *Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove: Pedoman Teknis*. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan-Institut Pertanian Bogor. 58 hlm.
- Dahdouh-Guebas F, Jayatissa LP, Di Nitto D, Bosire JO, Lo Seen D, and Koedam N. 2005. How effective were mangroves as a defense against the recent tsunami?. *Current Biology*, 15(12): R443-R447. DOI: 10.1016/j.cub.2005.06.008
- Faizal A dan Amran MA. 2005. Model Transformasi Indeks Vegetasi yang Efektif Untuk Prediksi Kerapatan Mangrove *Rhizophora mucronata*. In: PIT MAPIN XIV ITS. Prosiding: 14-15 September 2005; Surabaya: Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh (MAPIN). p. 34-40.
- Ferreira MA, Andrade F, Bandeira SO, Cardoso P, Mendes RN and Paula J. 2009. Analysis of Cover Change (1995-2005) of Tanzania/Mozambique Trans-Boundary Mangroves Using Landsat Imagery. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosys.* 19(S1): S38-S45. DOI: 10.1002/aqc.1042
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. *The World's Mangroves 1980-2005*. Rome: Food and Agriculture Organization. 77 hlm.
- Green EP, Mumbay PJ, Edwards AJ and Clark CD. 2000. *Remote Sensing Hand Book for Tropical Coastal Management*. Paris: UNESCO Publishing. 316 hlm.
- Hamuna B, Sari AN, Megawati R. 2018. Kondisi hutan mangrove di Kawasan Taman Wisata Alam Teluk Youtefa, Kota Jayapura. *Majalah Ilmiah Biologi*

Biosfera: A Scientific Journal 35(2): 75-83. DOI: 10.20884/1.mib.2018.35.2.611

- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Jakarta: Bumi Aksara. 210 hlm.
- Jhonnerie R, Siregar VP, Nababan B, Prasetyo LB dan Wouthuyzen S. 2014. Deteksi Perubahan Tutupan Mangrove Menggunakan Citra Landsat Berdasarkan Klasifikasi Hibrida di Sungai Kembung, Pulau Bengkalis, Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 6(2): 491-506. DOI: 10.29244/jitkt.v6i2
- Katiandagho B. 2015. Analisis Struktur dan Status Ekosistem Mangrove Di Perairan Timur Kabupaten Biak Numfor. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan* 8(1): 8-12.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004, tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove*. Jakarta: Departemen Lingkungan Hidup. 8 hlm.
- Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Model Biak Numfor. 2014. *Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang KPHL Model Biak Numfor DI Kabupaten Biak Numfor Provinsi Papua*. Biak: Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Model Biak Numfor. 124 hlm.
- Kirui KB, Kairo JG, Bosire J, Viergever KM, Rudra S, Huxham M and Briers RA. 2013. Mapping of Mangrove Forest Land Cover Change along the Kenya Coastline Using Landsat Imagery. *Ocean Coast. Manage.* 83: 19-24. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2011.12.00
- Kuenzer C, Bluemel A, Gebhardt S, Quoc TV and Dech S. 2011. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems, A Review. *Remote Sensing* 3: 878-928. DOI: 10.3390/rs3050878
- Løvholt F, Kühn D, Bungum H, Harbitz CB and Glimsdal S. 2012. Historical Tsunamis and Present Tsunami Hazard in Eastern Indonesia and the Southern Philippines. *Journal of Geophysical Research* 117: 1-19. DOI: 10.1029/2012JB009425
- Prasetyo I, Adi NS, Iwan A dan Pranowo WS. 2016. Pemetaan Terumbu Karang dan Mangrove Untuk Pertahanan Pantai dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (Kasus Daerah Biak, Papua). *Chart Datum* 2: 12-22.
- Prawiradisastra S, Santoso EW. 1997. Identifikasi Gempa Biak 17 Pebruari 1996 Sebagai Upaya Program Mitigasi Bencana. *Alami* 2(3): 29-31.
- Pratama LW dan Isdianto A. 2017. Pemetaan Kerapatan Hutan Mangrove Di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah Menggunakan Citra Landsat 8 Di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Jakarta. *J. Floratek* 12(1): 57-61. DOI: 10.24815/floratek.v12i1.7638
- Putra EH. 2011. *Penginderaan Jauh dengan ErMapper*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 290 hlm.
- Radhika D. 2006. *Mangrove Ecosystems of Southwest Madagascar: An*

- Ecological, Human Impact, and Subsistence Value Assessment. *Trop. Res. Bul.* 25: 7-13.
- Römer H. 2011. Assessment of Tsunami Vulnerability and Resilience of Coastal Ecosystems at the Andaman Sea Coast of Thailand: Potential and Limitations of Remote Sensing and GIS Techniques for a Local Scale Approach [Dissertation]. Kiel: Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Christian Albrechts Universität. 186 pp.
- Roy DP, Wulder MA, Loveland TR, Allen RG, Anderson MC, Helder D, Irons JR, Johnson DM and Kennedy R *et al.* 2014. Landsat-8: Science and Product Vision for Terrestrial Global Change Research. *Remote Sens, Environ.* 145: 154-172. DOI: 10.1016/j.rse.2014.02.001
- Supardjo MN. 2008. Identifikasi Vegetasi Mangrove di Segoro Anak Selatan, Taman Nasional Alas Purwo, Banyuwangi, Jawa Timur. *Jurnal Saintek Perikanan* 3(2): 9-15.
- Suwargana N. 2008. Analisis perubahan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Penginderaan Jauh* 5: 64-74.
- Tarigan SA. 2008. Sebaran dan Luas Hutan Mangrove Di Wilayah Pesisir Teluk Pising Utara Pulau Kabaena Provinsi Sulawesi Tenggara. *Makara Sains* 12(2): 108-112.
- Urrego LE, Molina EC and Suárez JA. 2014. Environmental and Anthropogenic Influences on the Distribution, Structure, and Floristic Composition of Mangrove Forests of the Gulf of Urabá (Colombian Caribbean). *Aquat. Bot.* 114: 42-49. DOI: 10.1016/j.aquabot.2013.12.006
- Valiela I, Bowen JL and York JK. 2001. Mangrove forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments. *BioScience* 51(10): 807-815. DOI: 10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.Co;2
- Warpur W. 2016. Struktur Vegetasi Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya di Kampung Ababai di Distrik Supiori Selatan Kabupaten Supiori. *Jurnal Biodjati* 1(1): 19-26.
- Wouthuyzen S, Sumadhiharga OK dan Leatemia FW. 1995. Inventarisasi Sumberdaya Hayati Laut Di Wilayah Pesisir Kabupaten Biak Numfor. In: Seminar Pengembangan Potensi Wilayah Kabupaten Biak Numfor. Prosiding: 26-29 Juli 1995; Jakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P3O-LIPI). p. 59-78.
- Yudhicara. 2012. Tsunami Characteristics along the Coast of Biak Island Based on the 1996 Biak Tsunami Traces. *Indonesian Journal of Geology* 7(1): 55-66. DOI: 10.17014/ijog.v7i1.135

